

普通高等院校工程训练系列规划教材

机械工程实践与创新

主 编 刘永平
副主编 曹立宏 吴明亮
主 审 傅水根

普通高等院校工程训练系列规划教材

机械工程实践与创新

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书根据教育部制定并实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神,以及 2007 年教育部、财政部关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见(即质量工程),结合金工系列课程改革与实践教学基地建设,以扩大现代制造技术训练和增加科技创新教学内容为目的而组织编写的。

本书共 4 篇 21 章,内容包括机械工程材料基本知识、铸造、锻压、焊接、切削加工的基础知识、钳工、车削、钻削和镗削、铣削、刨削、磨削、数控加工基本知识、数控车削加工、数控铣削加工、特种加工技术、其他先进制造技术以及科技创新实践的内容。

本书可作为高等工科院校机械类和近机械类专业的工程实践(训练)教学的教材,也可供职业技术学院相关专业选用,或作为工程技术人员的参考用书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械工程实践与创新/刘永平主编;曹立宏,吴明亮副主编. --北京:清华大学出版社, 2010.1

(普通高等院校工程训练系列规划教材)

ISBN 978-7-302-21506-6

I. ①机… II. ①刘… ②曹… ③吴… III. ①机械工程—高等学校—教学参考资料
IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 243353 号

责任编辑:庄红权

责任校对:刘玉霞

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市漂源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印

张:25.25

字

数:608 千字

版 次:2010 年 1 月第 1 版

印

次:2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:36.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:031530-01

改革开放以来,我国贯彻科教兴国、可持续发展的伟大战略,坚持科学发展观,国家的科技实力、经济实力和国际影响力大为增强。如今,中国已经发展成为世界制造大国,国际市场上已经离不开物美价廉的中国产品。然而,我国要从制造大国向制造强国和创新强国过渡,要使我国的产品在国际市场上赢得更高的声誉,必须尽快提高产品质量的竞争力和知识产权的竞争力。清华大学出版社和本编审委员会联合推出的普通高等院校工程训练系列规划教材,就是希望通过工程训练这一培养本科生的重要窗口,依靠作者们根据当前的科技水平和社会发展需求所精心策划和编写的系列教材,培养出更多视野宽、基础厚、素质高、能力强和富于创造性的人才。

我们知道,大学、大专和高职高专都设有各种各样的实验室。其目的是通过这些教学实验,使学生不仅能比较深入地掌握书本上的理论知识,而且能够掌握实验仪器的操作方法,领悟实验中所蕴涵的科学方法。但由于教学实验与工程训练存在较大的差别,因此,如果我们的的大学生不经过工程训练这样一个重要的实践教学环节,当毕业后步入社会时,就有可能感到难以适应。

对于工程训练,我们认为这是一种与社会、企业及工程技术的接口式训练。在工程训练的整个过程中,学生所使用的各种仪器设备都是来自社会企业的产品,有的还是现代企业正在使用的主流产品。这样,学生一旦步入社会,步入工作岗位,就会发现他们在学校所进行的工程训练,与社会企业的需求具有很好的一致性。另外,凡是接受过工程训练的学生,不仅为学习其他相关的技术基础课程和专业课程打下了基础,而且同时具有一定的工程技术素养,开始走向工程了。这样就为他们进入社会与企业,更好地融入新的工作群体,展示与发挥自己的才能创造了有利的条件。

近10年来,国家和高校对工程实践教学给予了高度重视,我国的理工科院校普遍建立了工程训练中心,拥有前所未有的、极为丰富的教学资源,同时面向大量的本科学生群体。这些宝贵的实践教学资源,像数控加工、特种加工、先进的材料成形、表面贴装、数字化制造等硬件和软件基础设施,与国家的企业发展及工程技术发展密切相关。而这些涉及多学科领域的教学基础设施,又可以通过教师和其他知识分子的创造性劳动,转化和衍生出为适应我国社会与企业所迫切需求的课程与教材,使国家投入的宝贵资源发

挥其应有的教育教学功能。

为此,本系列教材的编审,将贯彻下列基本原则:

(1) 努力贯彻教育部和财政部有关“质量工程”的文件精神,注重课程改革与教材改革配套进行。

(2) 要求符合教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组所制定的课程教学基本要求。

(3) 在整体将注意力投向先进制造技术的同时,要力求把握好常规制造技术与先进制造技术的关联,把握好制造基础知识的取舍。

(4) 先进的工艺技术,是发展我国制造业的关键技术之一。因此,在教材的内涵方面,要着力体现工艺设备、工艺方法、工艺创新、工艺管理和工艺教育的有机结合。

(5) 有助于培养学生独立获取知识的能力,有利于增强学生的工程实践能力和创新思维能力。

(6) 融汇实践教学改革的最新成果,体现出知识的基础性和实用性,以及工程训练和创新实践的可操作性。

(7) 慎重选择主编和主审,慎重选择教材内涵,严格按照和体现国家技术标准。

(8) 注重各章节间的内部逻辑联系,力求做到文字简练,图文并茂,便于自学。

本系列教材的编写和出版,是我国高等教育课程和教材改革中的一种尝试,一定会存在许多不足之处。希望全国同行和广大读者不断提出宝贵意见,使我们编写出的教材更好地为教育教学改革服务,更好地为培养高质量的人才服务。

普通高等院校工程训练系列规划教材编审委员会

主任委员:傅水根

2008年2月于清华园

制造业是国民经济的重要组成部分,是增强国家竞争力的基础。随着科学技术的发展,社会对人才的需求也发生着深刻的变化,特别是对工科学生的工程实践能力、新技术应用能力以及创新意识等提出了更高的要求。作为工科院校,要培养出高质量、高素质的工程技术人才,必须在工程实践教学中,注重工程实践能力和创新意识的培养,逐步实现由传统的实习向现代工程实践教学转变,由技术教育向创新教育转变,最终实现学生知识、能力和素质的全面发展。

本书根据教育部制定并实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神,以及 2007 年教育部、财政部关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见(即质量工程),结合金工系列课程改革与实践教学基地建设,以扩大现代制造技术训练和增加科技创新教学内容为目的而组织编写的。本书具有如下特点:

(1) 传统制造技术与现代加工技术相融合,充分体现工程实践教学内容的系统性;

(2) 以现代制造领域中应用最为广泛的新技术、新工艺为着力点,力求体现工程技术的先进性;

(3) 注重学生科技创新思维和意识的引导,并通过大量科技创新案例,激发学生的创新兴趣,培养学生的创新能力。

本书可作为高等工科院校机械类和近机械类专业的工程实践(训练)教学使用,总学时为 3~6 周(主要是前 3 篇内容)。科技创新实践部分(第 4 篇),试图引导学生进入科技创新活动,通过参与科技创新活动激发创新意识,提高创新实践能力。

本书由兰州理工大学机械工程实践教学中心组织编写,全书共分 4 篇 21 章。参加编写的有曹立宏(第 1~3 章)、余淑荣(第 4~6 章)、吴明亮(第 7~11 章)、刘永平(第 12~16 章)、王宏(第 17~21 章)。全书由刘永平主编,清华大学傅水根教授主审。

由于编者水平有限,书中难免有缺点和错误,恳请读者批评指正。

编者

2009 年 12 月



第 1 篇 材料成形技术

第 1 章 机械工程材料基本知识	3
1.1 金属材料的性能	3
1.1.1 金属材料的力学性能	3
1.1.2 金属材料的物理性能和化学性能	6
1.1.3 金属材料的工艺性能	7
1.2 金属的晶体结构	7
1.2.1 金属晶体的结构	7
1.2.2 金属的结晶	8
1.2.3 金属的同素异构转变	9
1.2.4 合金的晶体结构	10
1.2.5 二元合金相图的概念	10
1.3 铁碳合金	12
1.3.1 铁碳合金的基本组织	12
1.3.2 Fe-Fe ₃ C 状态图	13
1.3.3 典型铁碳合金的组织转变	14
1.3.4 碳的质量分数对碳素钢性能的影响	16
1.3.5 Fe-Fe ₃ C 状态图的应用	17
1.4 常用金属材料	18
1.4.1 钢	18
1.4.2 铸铁	21
1.4.3 铸钢	22
1.4.4 铜合金及铝合金	22
1.5 钢的热处理	24
1.5.1 热处理基本概念	24
1.5.2 钢的热处理工艺	25
1.5.3 常用热处理设备	35
1.5.4 钢的热处理新技术简介	37

1.6	钢铁材料的现场鉴别	39
1.6.1	火花鉴别法	39
1.6.2	色标鉴别法	40
1.6.3	断口宏观鉴别法	41
1.6.4	音色鉴别法	41
1.7	常用非金属材料	41
1.7.1	高分子材料	41
1.7.2	陶瓷材料	44
1.7.3	复合材料	46
第2章	铸造	48
2.1	铸造生产过程	48
2.1.1	砂型铸造的生产过程	48
2.1.2	砂型及其组成	49
2.1.3	模样与芯盒	50
2.2	型(芯)砂	50
2.2.1	型(芯)砂的组成	50
2.2.2	型(芯)砂应具备的性能	51
2.2.3	型(芯)砂的制备与检验	52
2.3	造型造芯方法	52
2.3.1	手工造型	52
2.3.2	机器造型	56
2.3.3	造型芯	59
2.3.4	合型(合箱)	60
2.4	砂型铸造工艺设计	61
2.4.1	分型面和浇注位置	61
2.4.2	浇注系统和冒口	62
2.4.3	铸造工艺参数	64
2.4.4	铸造工艺图	65
2.5	合金的熔炼、浇注及铸件的清理	66
2.5.1	合金的熔炼	66
2.5.2	合金的浇注	68
2.5.3	铸件的清理	69
2.6	熔模铸造	70
2.6.1	熔模铸造的发展	70
2.6.2	熔模铸造工艺流程	70
2.6.3	熔模铸造工艺的特点	72
2.7	陶瓷型铸造	73
2.8	实型铸造	74

2.9 其他铸造技术简介	75
2.9.1 金属型铸造	75
2.9.2 压力铸造	76
2.9.3 离心铸造	77
2.9.4 挤压铸造	77
2.9.5 磁型铸造	78
2.9.6 连续铸造	78
2.10 铸件质量分析	79
第3章 锻压	82
3.1 锻坯的加热与锻件冷却	83
3.1.1 锻坯的加热与锻造温度范围	83
3.1.2 加热缺陷及其防止	84
3.1.3 加热设备	85
3.1.4 锻件的冷却	87
3.1.5 锻件的热处理	87
3.2 自由锻造	87
3.2.1 自由锻造设备及工具	88
3.2.2 自由锻造基本工序	91
3.2.3 典型自由锻件工艺示例	97
3.3 模型锻造	99
3.3.1 模锻设备	99
3.3.2 锻模结构及工作过程	100
3.3.3 胎模锻	100
3.4 板料冲压	101
3.4.1 冲压设备	102
3.4.2 板料冲压基本工序	103
3.4.3 冲模结构	105
3.4.4 典型冲压件工艺示例	106
3.5 锻压件质量分析	108
3.5.1 锻件质量分析	108
3.5.2 冲压件质量分析	108
第4章 焊接	109
4.1 焊条电弧焊	110
4.1.1 焊条电弧焊焊接过程	110
4.1.2 焊条电弧焊设备	111
4.1.3 电焊条	112
4.1.4 焊条电弧焊基本操作	113
4.1.5 焊条电弧焊工艺	115

4.2	气焊与气割	117
4.2.1	气焊	117
4.2.2	气割	122
4.3	其他焊接方法	123
4.3.1	埋弧自动焊	123
4.3.2	气体保护电弧焊	125
4.3.3	电渣焊	126
4.3.4	压焊	126
4.3.5	钎焊	128
4.4	焊接质量分析	129
4.4.1	焊接变形	129
4.4.2	常见焊接缺陷及分析	129
4.4.3	焊接检验	130

第2篇 金属切削技术

第5章	切削加工的基础知识	135
5.1	切削加工的概念	135
5.1.1	切削运动	135
5.1.2	切削用量三要素	136
5.2	零件的加工质量	137
5.3	常用刀具材料	139
5.4	金属切削机床的分类与编号	140
5.5	常用量具及其使用	143
第6章	钳工	152
6.1	概述	152
6.2	钳工工作台和虎钳	152
6.3	划线	153
6.4	錾削	159
6.5	锯切	162
6.6	锉削	164
6.7	刮削与研磨	167
6.7.1	刮削	167
6.7.2	研磨	169
6.8	攻螺纹和套螺纹	170
6.8.1	攻螺纹	170
6.8.2	套螺纹	171
6.8.3	攻螺纹和套螺纹时可能出现的问题及其原因	173

6.9 装配	173
第7章 车削	178
7.1 车削的基本知识	178
7.1.1 概述	178
7.1.2 普通车床的编号	179
7.1.3 普通车床主要部分的名称和用途	179
7.1.4 普通车床的传动系统	181
7.1.5 空车练习注意事项	183
7.2 车刀及其安装	183
7.2.1 车刀的种类与应用	183
7.2.2 车刀的结构	183
7.2.3 车刀的刃磨	185
7.2.4 车刀的安装	186
7.3 工件的安装	187
7.3.1 用三爪自定心卡盘安装工件	187
7.3.2 用四爪单动卡盘安装工件	188
7.3.3 用顶尖安装工件	188
7.3.4 用一夹一顶方式安装工件	190
7.3.5 用花盘、弯板安装工件	190
7.3.6 用心轴安装	191
7.3.7 中心架和跟刀架	192
7.4 车床操作要点	193
7.4.1 粗车和精车	193
7.4.2 刀架极限位置检查	194
7.4.3 刻度盘及其正确使用	194
7.4.4 对刀和试切、试量	195
7.5 基本车削方法	196
7.5.1 车外圆	196
7.5.2 车端面 and 台阶	197
7.5.3 切槽和切断	198
7.5.4 钻孔、镗孔	199
7.5.5 车锥面	201
7.5.6 车成形面	202
7.5.7 车螺纹	204
7.5.8 滚花	206
7.6 典型零件车削工艺	207
7.6.1 制定零件加工工艺的内容及步骤	208
7.6.2 轴类零件的加工工艺	209

7.6.3 盘套类零件的加工工序	210
7.7 车削安全技术	212
第8章 钻削和镗削	213
8.1 钻削概述	213
8.2 钻床	214
8.3 钻床上用的刀具	215
8.4 钻孔、扩孔、铰孔	217
8.5 镗削	220
8.5.1 镗床	220
8.5.2 镗刀	222
第9章 铣削	223
9.1 概述	223
9.1.1 铣削加工的范围	223
9.1.2 铣削的加工精度	224
9.1.3 常用铣床	224
9.2 铣削基础知识	226
9.2.1 铣削运动	226
9.2.2 铣削方式	227
9.2.3 铣刀	227
9.3 铣床主要附件	228
9.3.1 回转工作台	228
9.3.2 万能铣头	229
9.3.3 分度头	229
9.4 铣削	231
9.4.1 铣平面	231
9.4.2 铣斜面	232
9.4.3 铣沟槽	233
9.4.4 铣成形面和曲面	234
9.4.5 铣床镗孔	234
9.5 齿形加工	235
9.5.1 成形法	235
9.5.2 展成法	236
第10章 刨削	239
10.1 概述	239
10.2 牛头刨床	239
10.3 刨刀	242
10.4 工件的装夹	243
10.5 刨削方法	246

10.6	其他刨削类机床	252
10.7	拉削加工简介	254
第 11 章	磨削	256
11.1	概述	256
11.2	磨床	257
11.2.1	外圆磨床	257
11.2.2	内圆磨床	259
11.2.3	平面磨床	259
11.3	砂轮	260
11.3.1	砂轮的种类	260
11.3.2	砂轮的检查、安装、平衡和修整	261
11.4	磨削的加工方法	261
11.4.1	外圆磨削	261
11.4.2	内圆磨削	263
11.4.3	圆锥面的磨削	264
11.4.4	平面磨削	264

第 3 篇 现代制造技术

第 12 章	数控加工基本知识	269
12.1	数控机床的基本概念	269
12.1.1	数控机床的发展	269
12.1.2	数控机床的特点	269
12.1.3	数控机床的基本组成	270
12.1.4	数控机床的工作过程	271
12.1.5	数控机床的分类	272
12.2	数控加工编程基础	274
12.2.1	数控编程的方法	274
12.2.2	数控编程的内容和步骤	275
12.2.3	数控机床坐标系	275
12.2.4	加工程序的结构与格式	277
12.3	数控加工工艺基础	279
12.3.1	数控加工工艺的特点及内容	279
12.3.2	数控加工工艺内容的选择	279
12.3.3	数控加工工艺性分析	280
12.3.4	数控加工工艺路线的设计	281
第 13 章	数控车削加工	283
13.1	数控车床的结构	283

13.1.1	数控车床的结构	283
13.1.2	数控车床的布局	284
13.2	数控车床的编程基础	284
13.2.1	机床坐标系、机床零点和机床参考点	284
13.2.2	工件坐标系、程序原点和对刀点	285
13.3	HNC-21/22T 数控系统的编程指令体系	286
13.3.1	辅助功能 M 代码	286
13.3.2	主轴功能 S、进给功能 F 和刀具功能 T	287
13.3.3	准备功能 G 代码	288
13.4	数控车床的基本操作	296
13.4.1	操作装置及软件操作界面	296
13.4.2	基本操作功能及方法	297
第 14 章	数控铣削加工	302
14.1	数控铣床的分类	302
14.2	数控铣床的编程基础	303
14.2.1	数控铣床坐标系	303
14.2.2	数控系统的准备功能	304
14.2.3	数控系统的辅助功能	304
14.2.4	T、S 功能	304
14.3	基本编程指令	306
14.4	综合实例	311
14.5	数控铣床的基本操作	312
14.5.1	操作装置及控制面板	312
14.5.2	AUTO 自动加工操作	314
14.5.3	新建零件程序	314
14.5.4	程序的删除	315
14.5.5	编辑程序	315
14.5.6	对刀操作	315
14.6	加工中心简介	317
第 15 章	特种加工技术	318
15.1	电火花加工	318
15.1.1	电火花加工的原理及特点	318
15.1.2	电火花成形加工机床的结构	319
15.1.3	电火花成形加工工艺	320
15.1.4	电火花高速小孔加工	321
15.2	电火花线切割加工	322
15.2.1	数控线切割加工的基本原理和特点	322
15.2.2	数控线切割加工机床	323

15.2.3	数控线切割机床编程方法	324
15.3	激光加工	326
15.3.1	激光的特性	327
15.3.2	激光加工的原理和特点	327
15.3.3	激光加工工艺及应用	328
15.4	超声加工	329
15.4.1	超声加工的基本原理和特点	329
15.4.2	超声加工设备及其组成部分	330
15.4.3	超声加工的应用	331
第 16 章	先进制造技术	332
16.1	先进制造工艺技术	332
16.1.1	超精密加工技术	332
16.1.2	超高速加工技术	333
16.1.3	快速原型制造技术	334
16.1.4	微细加工技术	336
16.2	制造自动化技术	338
16.2.1	工业机器人	338
16.2.2	柔性制造系统	340
16.2.3	计算机集成制造系统	341
16.3	先进制造生产模式	343
16.3.1	并行工程	343
16.3.2	精益生产	344
16.3.3	敏捷制造	345
16.3.4	网络化制造	345
16.3.5	企业资源计划	346

第 4 篇 科技创新实践

第 17 章	绪论	349
17.1	创新引领发展	349
17.2	启迪智慧、锻炼才能	350
第 18 章	进入创新领域	352
18.1	创新课题的实践性	352
18.2	创新课题的独到性	357
18.3	创新课题的实用性	359
第 19 章	创新课题中的技术矛盾	361
19.1	准确描述课题的目标	361
19.2	分析课题的矛盾元素	363

19.3	克服尖锐的技术矛盾·····	364
19.4	技术矛盾之间的协调·····	365
第 20 章	解决技术矛盾的措施 ·····	367
20.1	突破惯性思维·····	367
20.2	打破现有状态·····	372
20.3	汇聚有用资源·····	374
20.4	拓展新兴领域·····	376
第 21 章	创新实践的再思考 ·····	380
21.1	技术体系的特征·····	380
21.2	工程技术的支撑·····	381
21.3	科技创新的实践·····	382
21.4	创新实践的战略·····	383
参考文献	·····	385

第 1 篇

材料成形技术